



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria 2016-17

Nº de proyecto: 54

Título del proyecto: UTILIZACIÓN DE IMÁGENES OBTENIDAS CON UN DRON Y CON EL SATÉLITE SENTINEL DE LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA

Nombre del responsable del proyecto: MARÍA DEL PILAR GARCÍA RODRÍGUEZ

Centro: FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

Departamento: ANÁLISIS GEOGRÁFICO REGIONAL Y GEOGRAFÍA FÍSICA

## **1. OBJETIVOS PROPUESTOS EN LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

El objetivo principal es tratar de aprovechar la fuerte inversión de los diferentes países europeos en la observación de la Tierra a través de la Agencia Espacial Europea (ESA) y, contribuir a que este esfuerzo revierta en aplicaciones útiles para la planificación y gestión del territorio y, especialmente, pueda ser utilizado en la docencia de alumnos de Grado de Geografía y Ordenación del territorio, Máster de Tecnologías de la Información Geográfica y Doctorado.

Creemos importante destacar que en este proyecto se han utilizado las técnicas más actualizadas y avanzadas con la novedad de analizar imágenes del satélite europeo Sentinel lanzado recientemente y que el Instituto Geográfico Nacional pone a disposición de los investigadores de la UCM mediante el convenio que tienen firmado ambos organismos. Estas imágenes se comparan con las imágenes obtenidas desde un dron propiedad de la facultad de Matemáticas de la UCM con el fin de que pueda hacerse un estudio comparativo de sus posibilidades de aplicación, ventajas y desventajas. Como software se utiliza el programa ERDAS Imagine, ya que la Facultad de Geografía e Historia dispone de Licencias para que puedan utilizarlo todos los alumnos de Grado y Máster. Estas Licencias suponen un importante desembolso económico y, por tanto, uno de los objetivos del proyecto es sacar partido de ellas y que lo utilicen un gran número de investigadores y alumnos.

El objetivo último del proyecto es transferir a los estudiantes nuestros conocimientos y experiencia en la utilización de estos medios aéreos y espaciales y enseñarles a interpretar estas imágenes analizando las ventajas y desventajas de cada una de ellas y su utilidad en la planificación territorial. En definitiva, que los alumnos puedan utilizar toda la tecnología que, con inmenso esfuerzo económico, está manteniendo la UCM.

Para ello se plantean también los siguientes objetivos:

- Seleccionar aquellos aspectos más relevantes que puedan resultar útiles a los alumnos para su formación utilizando todo tipo de imágenes aéreas y espaciales,
- Inculcar a los alumnos la importancia de la investigación para mejorar la docencia y de la docencia para mejorar la investigación
- Trabajar en áreas fuertemente degradadas de la Comunidad de Madrid, en las que ya se tiene un conocimiento detallado y actualizado del medio físico, la influencia antrópica y los problemas medioambientales para que los estudiantes puedan analizar y discutir las ventajas y desventajas de las distintas técnicas de investigación. Estas áreas son de fácil acceso.
- Iniciarse en la interpretación de imágenes del satélite Sentinel y de un dron utilizando distintos intervalos del espectro electromagnético.
- Elaborar material de apoyo que pueda ser utilizado en los numerosos trabajos de campo que se realizan en los Grados y Másteres impartidos en la Facultad y en el desarrollo de las asignaturas propias de Teledetección y SIG.

En la solicitud del proyecto se propuso realizar un nuevo vuelo del dron, pero esto no ha sido posible por problemas burocráticos, por lo que se han

utilizado las imágenes que ya se tenían de vuelos anteriores, con la novedad de que ahora se han interpretado los datos del espectro infrarrojo, mientras que en el proyecto anterior únicamente se había empleado el rango del espectro visible.

## **2. OBJETIVOS ALCANZADOS**

- Se ha seleccionado un área de estudio en la Cuenca del río Guadarrama, en el Sur de la Comunidad de Madrid
- Se han realizado varias salidas a la zona de estudio para analizar los procesos de erosión en las cárcavas y los procesos de sellado. Se han tomado muestras de perfiles de suelos
- Se han analizado las imágenes de varios vuelos de un dron propiedad de la Facultad de Matemáticas de la UCM y pilotado por personal del CAI de Arqueología de la UCM. Estas imágenes se habían tomado el curso anterior, gracias a otro proyecto PIMCD.
- Se han interpretado las imágenes obtenidas en el espectro visible e infrarrojo.
- Se han comparado con fotografías aéreas extraídas del servidor de la Comunidad de Madrid, para ver la evolución de los procesos de erosión.
- Se han seleccionado imágenes del satélite Sentinel y se han interpretado.
- Se han comparado con imágenes de los satélites Landsat y Spot. Las imágenes más recientes se han bajado del servidor del IGN y se han tratado mediante el programa Erdas Imagine con el fin de mejorar su resolución visual y digital.
- Se han realizado análisis físicos y químicos de perfiles de suelos en el Laboratorio de Geografía Física de la UCM.
- Mediante Sistemas de Información Geográfica se han superpuesto los mapas de Asociaciones de Suelos y Mapa de Capacidad Potencial de uso agrícola con las zonas afectadas por erosión en el área de estudio.
- Se han interpretado los resultados obtenidos.
- Se ha realizado un artículo con el fin de publicarlo en una revista de Geografía con amplia difusión nacional y a la que puedan acceder fácilmente los alumnos.

### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO

Se ha utilizado cartografía temática y fotografías aéreas de la serie histórica y actual facilitadas por la Comunidad de Madrid en la página <http://www.madrid.org> e imágenes del satélite Landsat, Spot-5 y Sentinel descargadas de la página web del Instituto Geográfico Nacional (Plan Nacional de Teledetección). También se han utilizado las imágenes obtenidas el año anterior con un dron.

Las imágenes se han tratado con el programa Erdas Imagine, efectuándose diferentes mejoras espectrales (NDVI, componentes principales y mezcla de bandas, taselet cap, índice de hierro, índice de suelo, IHS a RGB, RGB a IHS, etc.), espaciales (mezcla de resolución entre pancromática y multiespectral y filtros) y radiométricas (ecualización del histograma). En todas ellas se ha trabajado con el espectro del visible y con los infrarrojos próximos y medios.

- Se han mezclado imágenes del satélite Sentinel con ortofotos del PNOA con el fin de mejorar la resolución espacial.

- Se han efectuado clasificaciones supervisadas y sin supervisar.

- También se han realizado fotografías en el campo.

Para conocer los suelos del área estudiada se han tomado varias muestras y se han analizado en el Laboratorio de Geografía Física de la UCM. Se ha medido la textura (método internacional de la pipeta de Robinson), pH (pasta saturada en agua y KCl), materia orgánica (método de Walkley y Black), carbonatos (calcímetro de Bernard) y conductividad eléctrica (extracto acuoso del suelo a la relación suelo/agua 1:1).

Por etapas la metodología utilizada ha sido:

- Selección del área de estudio en la Comunidad de Madrid
- Toma de muestras en el campo
- Selección de la información bibliográfica y cartográfica
- Para elaborar el material docente se han utilizado imágenes tomadas con un dron mediante una cámara con canales del espectro visible e infrarrojo.
- Selección de imágenes de los satélites Landsat, Spot y Sentinel.
- Tratamiento visual y digital de las imágenes mediante el programa ERDAS Imagine. Mejoras espaciales, espectrales y radiométricas. - Realización de – Realización de clasificaciones supervisadas y sin supervisar. Comparación entre ellas..
- Inclusión de datos en un Sistema de Información Geográfica mediante la utilización del programa ArcGis
- Comparación y análisis de ventajas y desventajas de las distintas técnicas.
- Análisis químico de las muestras en el laboratorio
- Interpretación de resultados. Evaluación
- Elaboración del material didáctico
- Difusión en congresos de la especialidad y en revistas.

#### **4. RECURSOS HUMANOS**

- M<sup>a</sup> Pilar García Rodríguez: dirección del equipo, Revisión bibliográfica y cartográfica. Interpretación de imágenes de dron y satélite Estudios de degradación de suelos y teledetección. Especialista en Teledetección y Edafología.Redacción de la Memoria final del proyecto.
- Almudena Sánchez Pérez de Evora: revisión bibliográfica y cartográfica, Especialista en Climatología y estudio de humedales. Interpretación de datos climáticos.
- Juan José Sanz Donaire: trabajo de campo, análisis e interpretación de fotografías aéreas. Cartografía geomorfológica. Especialista en Fotointerpretación, Geomorfología e Hidrología.
- José María García Alvarado: revisión bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo. Especialista en Análisis Geográfico Regional y Cartografía.
- M<sup>a</sup> Manuela Redondo García: revisión bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo. Especialista en Fotointerpretación, Biogeografía y Fitosociología.
- Antonio Guerra: fotointerpretación

#### **5. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES**

Octubre-noviembre: elección área de estudio, toma de muestras y selección de material cartográfico.

Noviembre-diciembre: trabajo de campo. Análisis de laboratorio

Enero-abril: tratamiento de imágenes e interpretación de datos, evaluación, elaboración del material didáctico

Mayo: redacción de la memoria

## 6. ANEXOS

### SELECCIÓN DE IMÁGENES QUE SE PUEDEN EMPLEAR EN LA DOCENCIA DE GRADO Y MÁSTER

#### Imágenes utilizadas

Imágenes	Fecha	Resolución espacial y escala	Resolución espectral
Fotografías aéreas	1956	1:25,000	Pancromático
Fotografías aéreas	1961-1967	1:30,000	Pancromático
Imagen PNOA	30/08/2016	0,25 m	Tres canales del visible
Satélite Landsat 8	16/06/2013	15 m 30 m	Pancromático Multiespectral: 7 canales del visible, Infrarrojo cercano, medio y térmico
Satélite Spot 5	08/08/2013	2,5 m 10 m/20 m	Pancromático Multiespectral: 4 canales del visible, infrarrojo cercano y medio
Satélite Sentinel 2	23/07/2016	10 a 60 m	Trece canales del pancromático visible e infrarrojos próximos y medios
Imagen dron (UAV)	12/03/2015	0,03m	Tres canales: Color natural y multiespectral con canales del visible e infrarrojo próximo
MDT dron	Dic2015	0,06 m	Pancromático

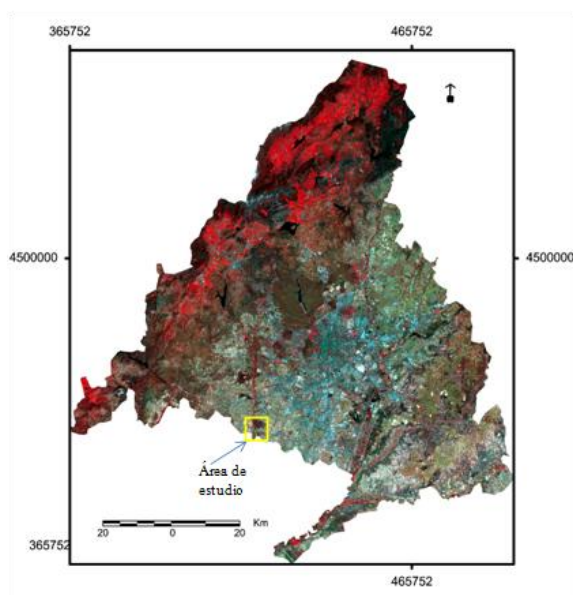
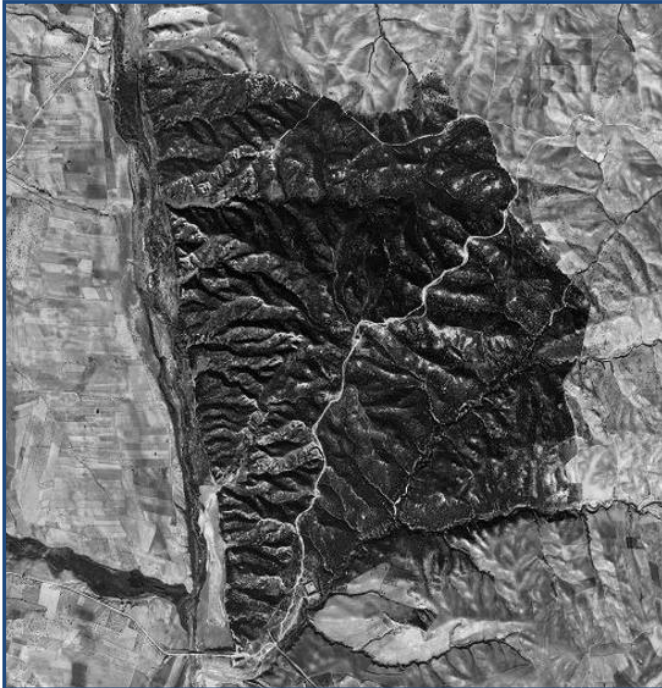


Fig 1. Área de estudio

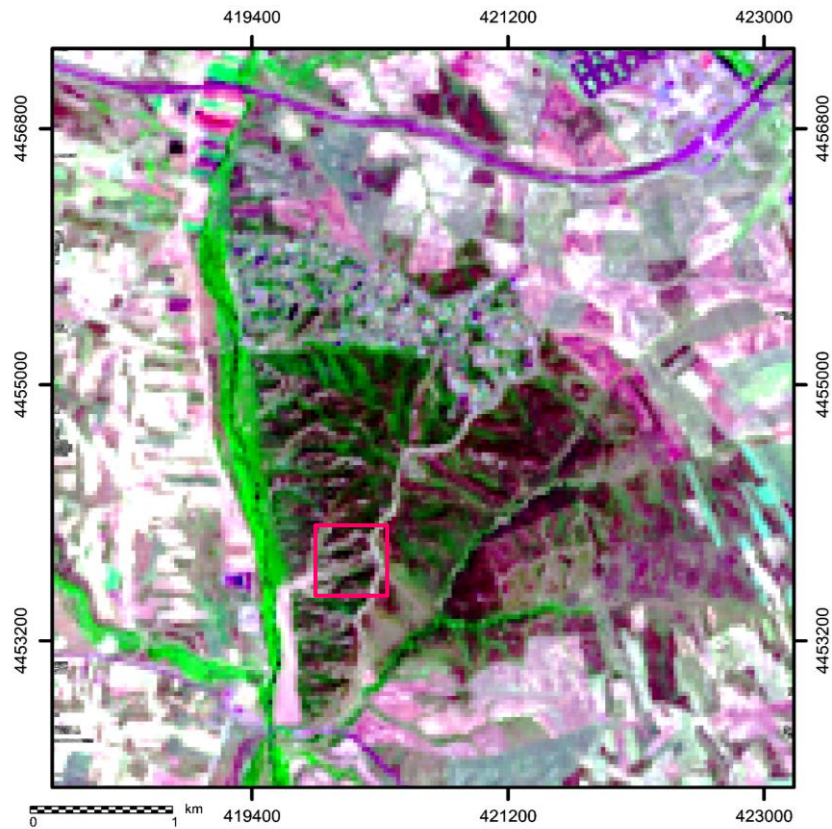


**Fig. 2 . Bosque mediterráneo y cárcavas**

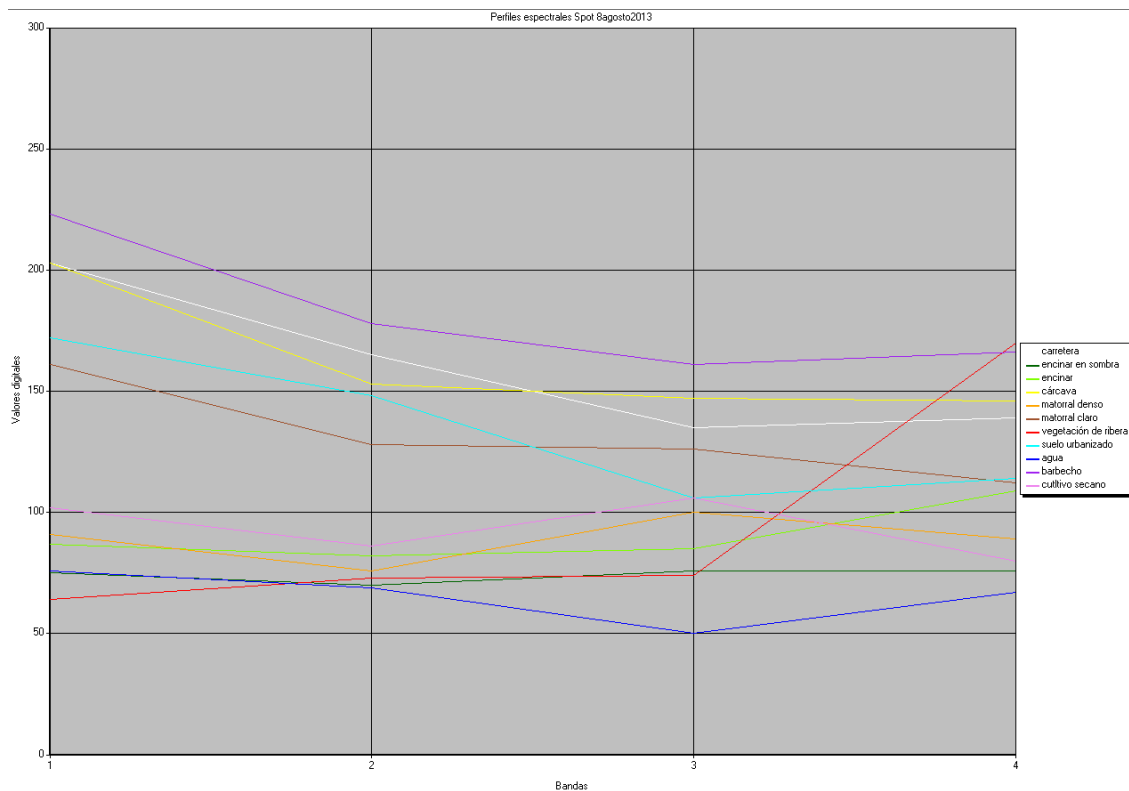


**Fig.3 Fotografía aérea 1961-67: paraje de “Las Cárcavas”, sin urbanización al norte y cárcava bastante bien definida en superficie, con la cabecera, junto al camino, en la divisoria de aguas.**



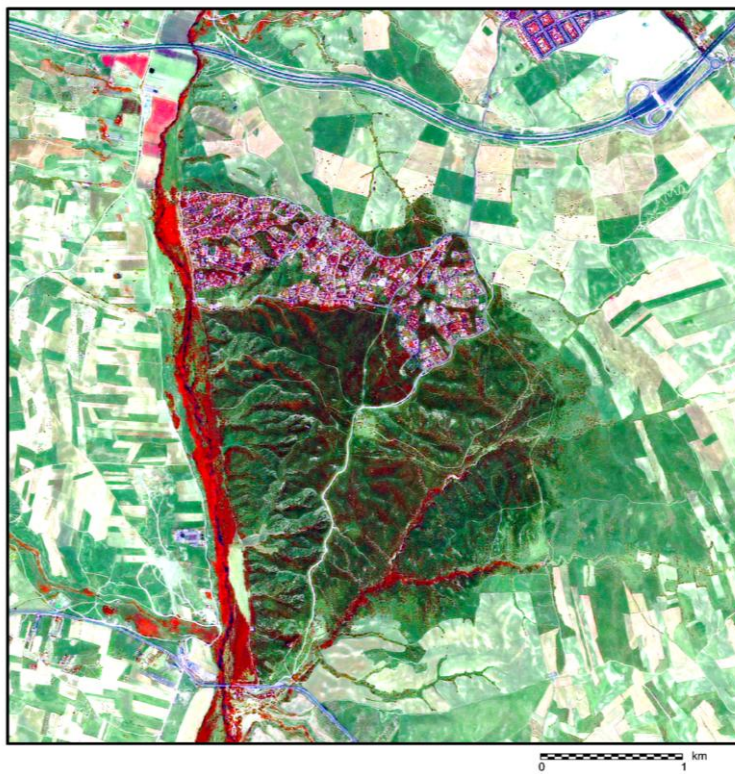


**Fig. 4. Imagen Spot 5: mezcla pancromático - visible. 08-08-2013**

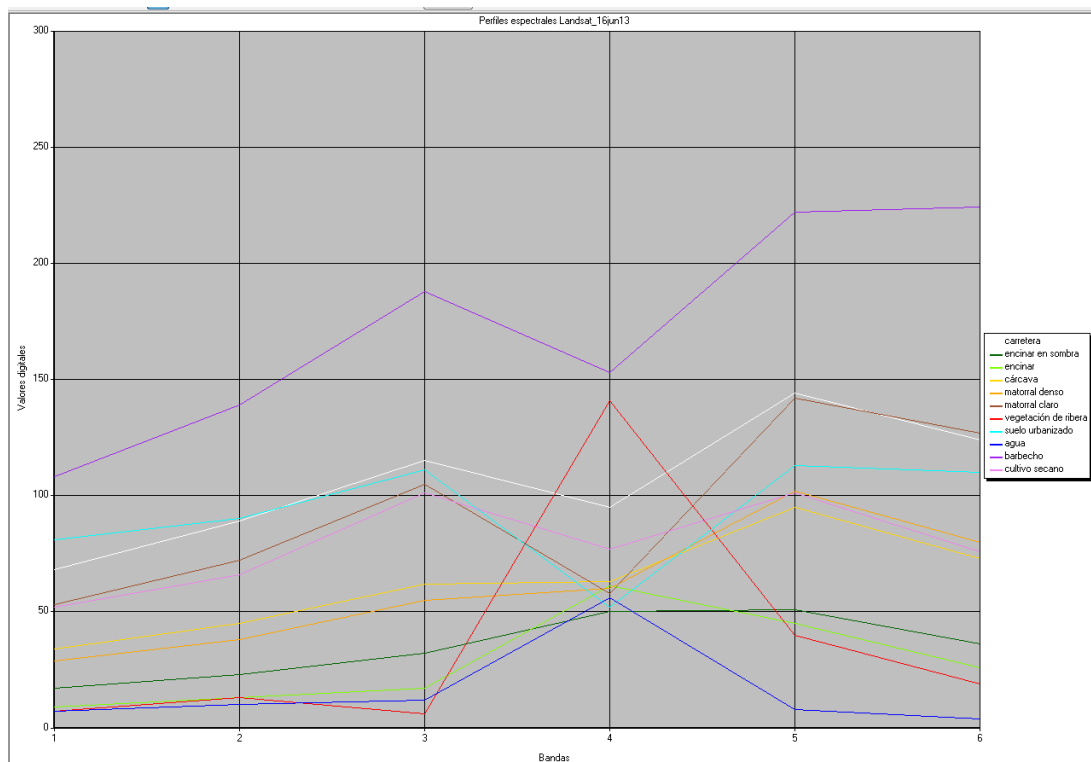


**Fig. 5. Perfiles espectrales de la imagen Spot 5.**

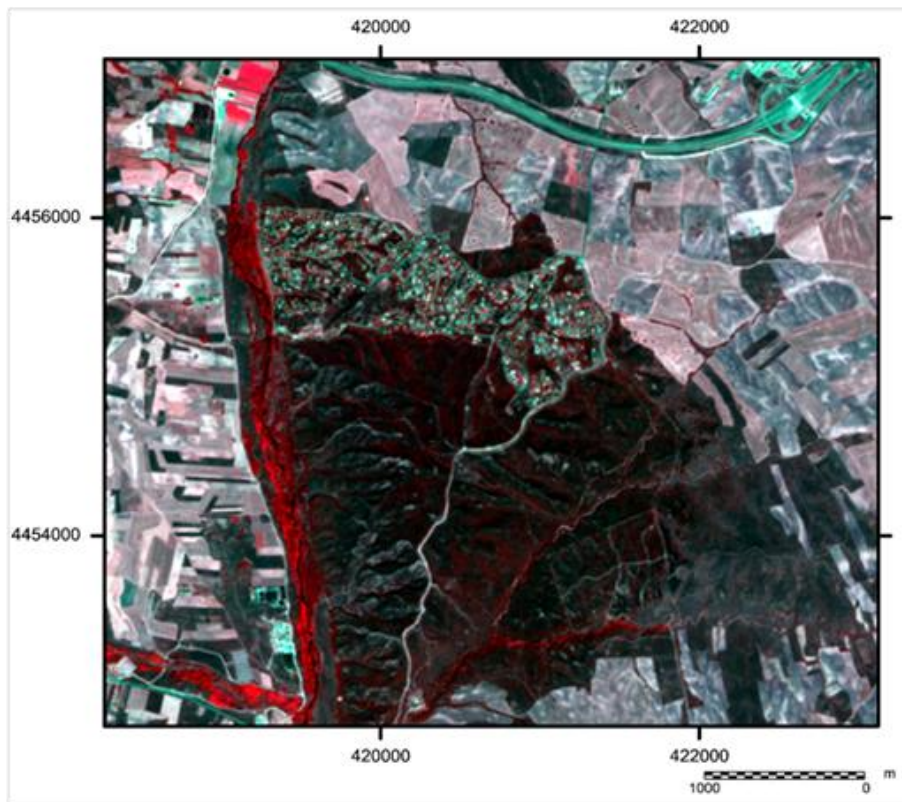




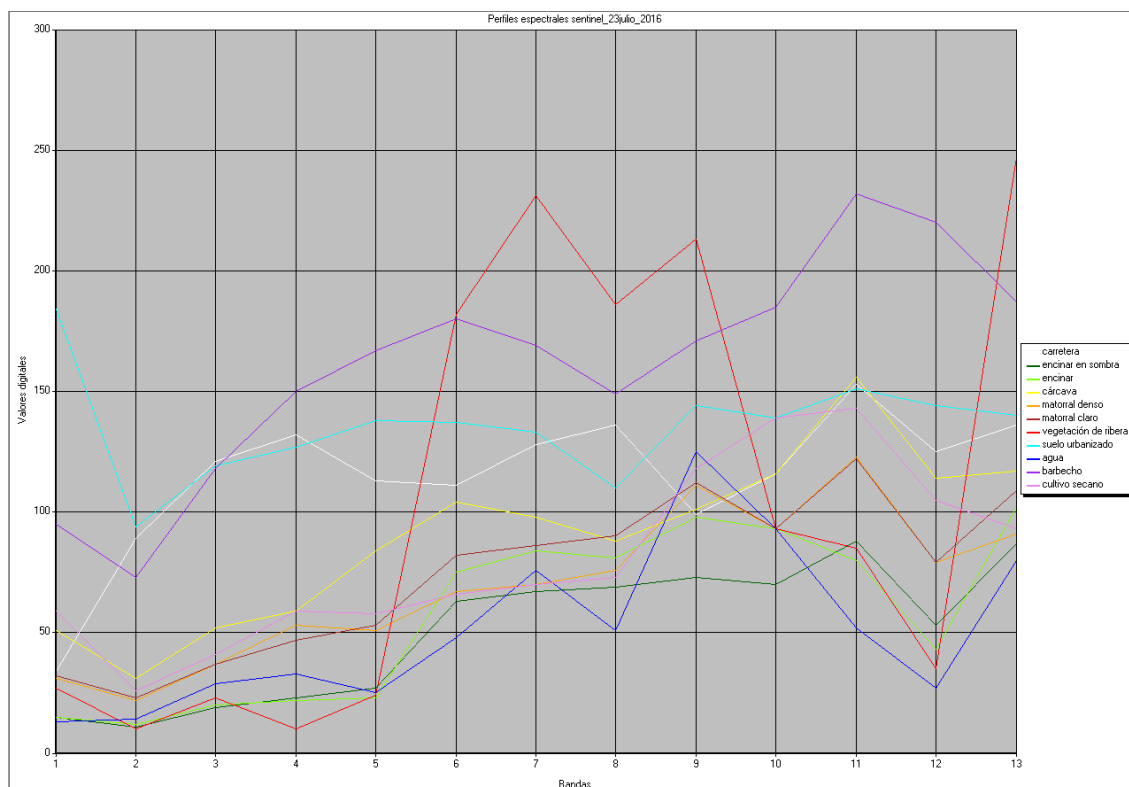
**Fig 6 . Imagen Landsat 8, 7-4-2. 06-06-2013**



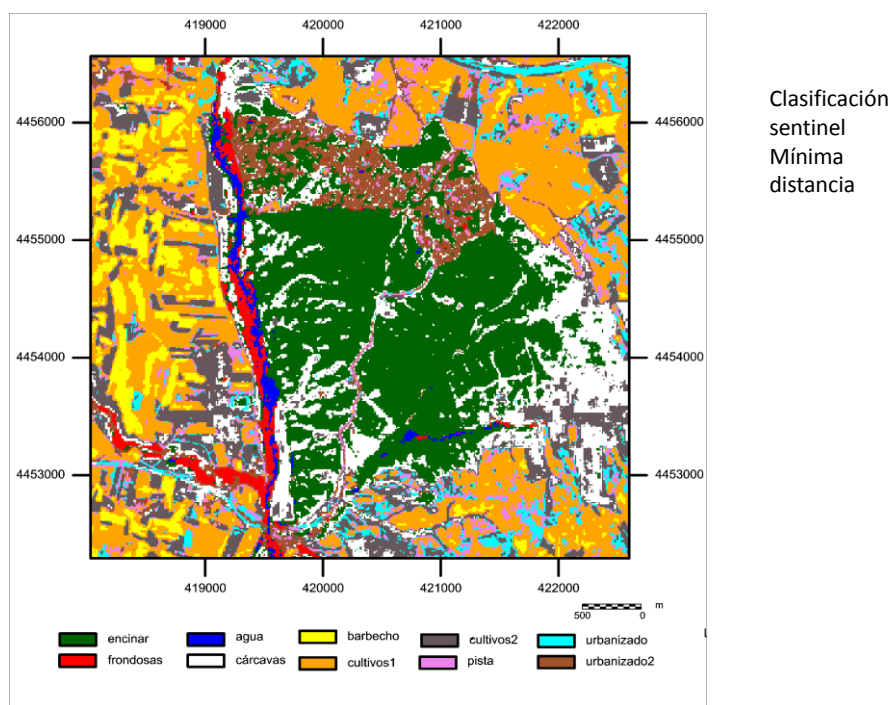
**Fig. 7. Perfiles espectrales de la imagen Landsat 8**



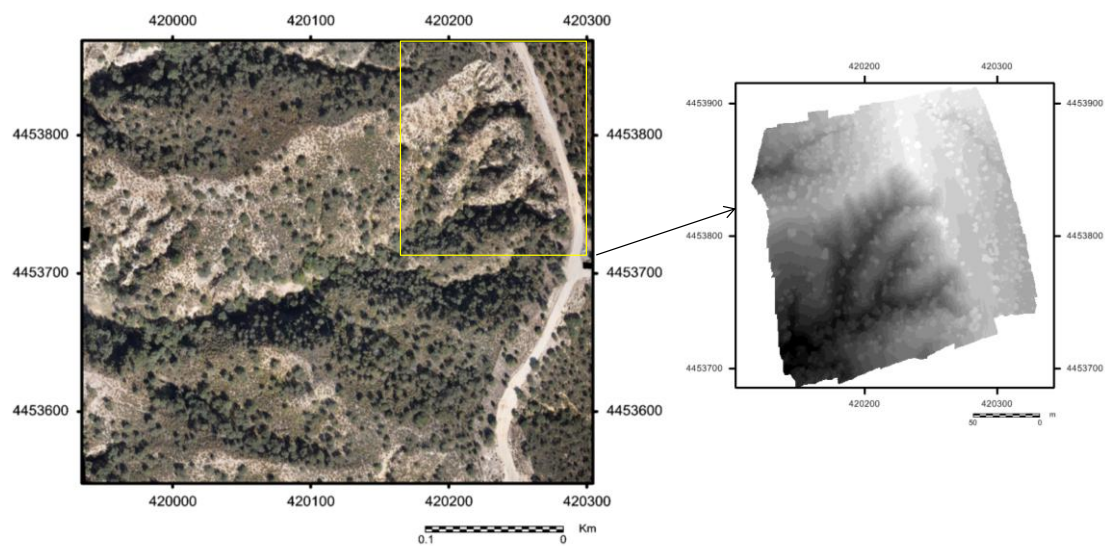
**Fig. 8. Imagen Sentinel 2 (8-2-3, R-V-A) del 23 de julio de 2016 en la que se aprecia la urbanización de Cotorredondo y numerosas infraestructuras viarias.**



**Fig. 9. Perfiles espectrales de la imagen Sentinel 2**



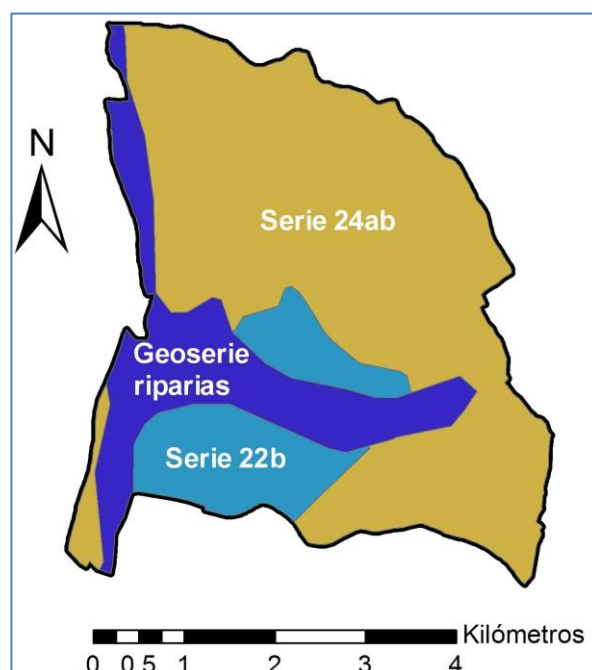
**Fig. 10. Clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2, 23-07- 2016**



**Fig. 11. Imagen tomada con el dron. Espectro visible y modelo digital del terreno**

Finalmente en cuanto a la flora y vegetación del municipio de Batres y Serranillos del Valle, señalaremos tres aspectos importantes:

- La vegetación potencial, siguiendo las Series de Vegetación propuestas por Rivas Martínez et al. (2007, 2011)
  - Los tipos de hábitat, a partir de los tipos de Hábitat de interés comunitario de España
  - La vegetación real o actual, a partir de Fotografías aéreas y trabajo de campo.
1. Las unidades de vegetación potencial que se diferencian en el territorio son las siguientes:
- I. Vegetación clímax:
- Serie *Quercus rotundifoliae* S.: Anteriormente nombrada como Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basofila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae* S). Cuya vegetación potencial son encinares de *Quercus rotundifolia*. Representada en el mapa como Serie **22b**
  - Serie *Junipero oxycedri-Quercus rotundifoliae* S.: Anteriormente Serie supra-mesomediterránea guadarrámica, ibérico-soriana, celtiberico-alcarrena y leonesa silicícola de *Quercus rotundifolia* o encina (*Junipero oxycedri-Querceto* S).
- En este caso se desarrolla la faciación mesomediterránea con *Retama sphaerocarpa*. Representada como Serie **24ab**
- Son encinares silicícolas de ombroclima seco o subhúmedo inferior. Dentro de esta serie, se corresponde a su faciación matritense sobre sustratos detríticos (arenas).
- II. Geoserie riparia *Rubus corylifolius* – *Salicetum atrocinerae*, cuya vegetación potencial son saucedas mesomediterráneas de *Salix atrocinerea* y *Salix salviifolia*).





**Fig. 12.** Series de vegetación. Elaborado a partir de Rivas Martinez et al. Modf, Eladio Casado y M.Manuela Redondo

2. Los tipos de hábitat presentes son los siguientes:

- 5330- Matorrales termomediterráneos y pre-estépico
- 6310- Dehesas perennifolias de *Quercus* spp.
- 6420- Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion*
- 6430- Megaforbios eutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino
- 91b0- Fresnedas termófilas de *Fraxinus angustifolia*
- 92a0- Bosques galería de *Salix alba* y *Populus alba*
- 9340- Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*

3. En cuanto a la cubierta vegetal actual, la situación cambia considerablemente, aunque se localiza un buen ejemplo de la vegetación clímax, dominan las etapas de degradación e incluso la acción antrópica tras la deforestación de la vegetación potencial. También están bien representadas las distintas asociaciones de vegetación riparia.

Diferenciaremos en función de su estratificación entre formaciones arbóreas, incluyendo climácicas y riparias, y por otro lado las formaciones de matorral incluyendo arbustos y subarbustos.

I. Formaciones arbóreas:

- Encinares: El monte de Batres sigue manteniendo el encinar, en parte por tratarse de un espacio protegido. En el mapa se representan con el dígito 1
- Formación mixta de encinas (*Quercus rotundifolia*) con pinos (*Pinus pinea*) de repoblación localizada en la zona más próxima al río Guadarrama. Se trata de una repoblación antigua, más de 30 años. Está representado con el dígito 2
- Formación riparia mixta de fresno (*Fraxinus angustifolia*) con diversos sauces (*Salix atrocinerea* y *Salix salviifolia*).

Las saucedas arbustivas constituyen la primera banda de vegetación, y están dominadas por *Salix atrocinerea* y *Salix salviifolia*, que incluso pueden instalarse en los islotes y rocas que emergen del cauce.

Más alejadas del cauce, y constituyendo la segunda banda, se desarrollan sauces de porte arborescente (*Salix atrocinerea*, *S. alba*) y álamos (*Populus nigra*, *P. alba*), generalmente acompañados de fresnos (*Fraxinus angustifolia*)

La última banda de vegetación que aparece está constituida primero por fresnedas de *Fraxinus angustifolia* que requieren menor humedad edáfica y por lo tanto, está más alejada del curso fluvial y posteriormente por las olmedas (*Ulmus minor*), que ocupan zonas

equivalentes a las fresnedas pero en enclaves situados en cotas más bajas.

Por otra parte, también señalar las saucedas que aparecen en algunos barrancos del monte de Batres, como es el caso del arroyo del Monte de Valdecarros. Estas saucedas se desarrollan encajadas entre taludes y fondos de valle de textura muy arenosa, en los que las especies de sauces dominantes son *Salix purpurea* y *S. fragilis*, formando una única banda de vegetación en el fondo de estos barrancos.

Finalmente se localiza un enclave en el que sólo aparecen sauces (*Salix* sp var).

Todo este gran grupo se ha agrupado y están representadas con el dígito **3**.

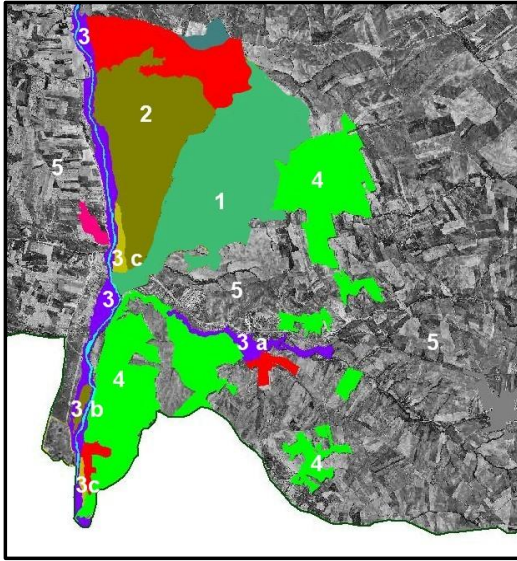
- Finalmente destacar tres enclaves en los que aparece asociado los chopos de *Populus X canadensis*:
  - Unas veces están asociados los chopos (*Populus x canadensis*) con sauces (*Salix atrocinerea* y *Salix salviifolia*) con olmos (*Ulmus minor*). Están representadas con el dígito **3 a**.
  - En otros casos, se trata de un bosque de distribución discontinua e irregular, mientras que el situado más al norte pasado la carretera M-404 es un bosque de repoblación de la misma especie. Están representadas con el dígito **3 b**
  - Dos enclaves de repoblación de chopos (*Populus x canadensis*) uniespecífica. Están representadas con el dígito **3 c**

## II. Formaciones arbustivas:

Son las formaciones degradadas o subseriales y que constituyen el matorral, incluyendo tanto especies de porte arbustivo como subarbustivas. Están representadas con el dígito **4**

- Retamares: Se trata de retamares degradados, dominados por la retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*), bioindicadora de territorios de encinar.
- En una pequeña superficie junto a Cotorredondo quedan algunas encinas dispersas entre el matorral, frecuentemente de porte achaparrado.
- Tomillar: Con *Santolina rosmarinifolia* y tomillos como *Thymus vulgaris* y *T. mastichina*, entre otras especies.

## III. Formaciones antrópicas: las áreas cultivadas, herbazales y prados artificiales. Están representadas con el dígito **5**



**Fig. 12.** Mapa de la vegetación real. Los dígitos hacen referencia a lo explicado anteriormente.